

دانش اگر در ثریا هم باشد مردمانی از سرزمین پارس بر آن دست خواهند یافت.

پیامبر اعظم (ص)

شرح جامع

دروس فنی ساختمان (سازه و ایستایی)

«هنر»

(مهندسی معماری – معماری منظر – مهندسی معماری اسلامی – مطالعات معماری ایران – بازسازی پس از سانحه – معماری داخلی)

مولفان: علیرضا گودرزی – فرزاد فریدون‌زاده

انتشارات ارشد

پیشگفتار ناشر

خداوند بزرگ را شاکریم که فرصتی عنایت فرمود تا بتوانیم قدمی در جهت گسترش علم و فرهنگ کشور عزیزمان برداریم و مسیری هموار را در اختیار مخاطبان و داوطلبان علاقمند به ادامه تحصیل قرار دهیم. از آنجائی که درحوزه کتاب‌های درسی و کمک درسی کارشناسی ارشد کتاب‌های زیادی به رشته تحریر در آمده است با این حال وجود یک مجموعه جامع، دقیق، کامل و دارای رفرنس(منابع) مستند احساس می‌شود.

همیشه دغدغه داشتیم که ای کاش می‌شد تمامی منابع پراکنده و گاهاً دست نایافتنی کنکور در یک مجموعه به گونه‌ای جذاب و شیوا آماده می‌شد و همچنین سوالات دوره‌های قبل کنکور نیز به گونه‌ای تشریحی پاسخ داده می شدند، که خدشه‌ای بر آنها وارد نشود و خیال داوطلبان عزیز آنقدر آسوده باشد که اطلاعات مندرج در پاسخنامه‌ها را برای بهره‌گیری در آزمون خود بکار گیرند. این کار با یاری خداوند بزرگ و همکاری نخبه‌ترین دانشجویان و اساتید کشور در انتشارات ارشد هماهنگ گردید و در تمامی مقاطع تحصیلی از کاردانی به کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در حوزهٔ آزمون‌های سراسری – آزاد و پیام نور بسته‌های آموزشی شامل کتاب‌های بانک سوالات و کتاب‌های شرح جامع درس آماده گردید. در تهیه مجموعه‌های فوق‌الذکر از فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد و دکتری که حائز رتبه‌های تک رقمی کنکور می‌باشند، استفاده کرده‌ایم، تا شما عزیزان بتوانید در راستای افزایش توان علمی خود در جهت نیل به مقصود خویش نایل آیید. بدون تردید می‌توان گفت که برای اولین بار در نظام آموزشی کشور مجموعه‌ای به این سبک عرضه می‌شود که در کیفیت و کمیت بی‌نظیر بوده و تمامی نیازهای دانشجویان و داوطلبان عزیز را پوشش می‌دهد. امید است که استفاده از این مجموعه عزیزان را در جهت موفقیت در آزمون یاری رسانده باشد. در پایان لازم به ذکر است که بی نقصی محض از آن خداوند متعال می‌باشد، بنا براین از تمامی خوانندگان و داوطلبان عزیز خواهشمندیم نظرات سازنده خود را در مورد این کتاب به سایت انتشارات ارشد اعلام نمایند تا ما را در جهت هر چه بهتر آماده کردن این محصولات یاری رسانند.

با تشکر

ناشـــــر

www.arshadbook. ir

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

پیشگفتار ناشر ۳
پیشگفتار مولفین ۴

فصل اول: کلیات

۱ـ۱ـ علم مکانیک ۱۵
۱ـ۲ـ مفاهیم پایه ۱۵
۱ـ۲ـ۱ـ طول ۱۵
۱ـ۲ـ۲ـ زمان ۱۵
۱ـ۲ـ۳ـ جرم ۱۵
۱ـ۲ـ۴ـ نیرو ۱۶
۱ـ ۳ـ گشتاور ۱۶
۱ـ ۴ـ تجزیه یک بردار به مؤلفه‌های متعامد ۱۷
۱ـ۵ـ بارهای استاتیکی ۱۷
۱ـ۵ـ۱ـ بارمرده ۱۷
۱ـ۵ـ۲ـ بار زنده ۱۷
۱ـ۶ـ بارهای دینامیکی ۱۸
۱ـ۷ـ انواع نیروی وارده بر تیر ۱۹
۱ـ۷ـ۱ـ نیروهای منفرد ۱۹
۱ـ۷ـ۲ـ نیروهای گسترده ۱۹
۱ـ۸ـ علائم ترسیم تکیه گاه‌ها ۲۰
۱ـ۸ـ۱ـ تکیه گاه غلطکی و میله ای (یک مجهولی) ۲۰
۱ـ۸ـ۲ـ تکیه گاه مفصلی (دو مجهولی) ۲۱
۱ـ۸ـ۳ـ تکیه گاه گیر دار(سه مجهولی) ۲۱
۱ـ۹ـ مقاومت مصالح ۲۱
۱ـ۱۰ـ نیروهای داخلی و خارجی ۲۲
۱ـ۱۰ـ۱ـ نیروهای خارجی ۲۲
۱ـ۱۰ـ۲ـ نیروهای داخلی ۲۲

عنوان ..... صفحه

۱ـ۱۱ـ تنش ۲۲
۱ـ۱۲ـ مقیاس و اثر دو ـ سوم ۲۳
۱ـ۱۳ـ کرنش ۲۳
۱ـ۱۴ـ منحنی تنش و کرنش ۲۴
۱ـ۱۵ـ انواع تنش ۲۵
۱ـ۱۵ـ۱ـ کشش ۲۵
۱ـ۱۵ـ ۲ـ فشار ۲۶
۱ـ۱۵ـ ۴ـ پیچش ۲۶
۱ـ۱۶ـ زوج نیرو (کوپل) ۲۷
۱ـ۱۷ـ سازه‌های کابلی ۲۷
۱ـ۱۸ـ مثال‌ها ۳۱
۱ـ۱۸ـ۱ـ پت سنتر ۳۱
۱ـ۱۸ـ۲ـ مرکز نمایشگاهی بندر گاه دارلینگ ۳۱
۱ـ۱۸ـ۳ـ پل آلامیلو ۳۲
۱ـ۱۹ـ کابل‌های با فرم منحنی طنابی ۳۲
۱ـ۲۰ـ سازه‌های با یک انحناء ۳۳
۱ـ۲۱ـ مثال‌ها ۳۴
۱ـ۲۱ـ۱ـ کارخانه کاغذ سازی بورکو ۳۴
۱ـ۲۱ـ۲ـ فدرال ریزرو ـ میناپولیس ۳۴
۱ـ۲۱ـ۳ـ ساختمان ترمینال دالاس ۳۵
۱ـ۲۲ـ سازه‌های با کابل مضاعف ۳۵
۱ـ۲۳ـ مثال‌ها ۳۶
۱ـ۲۳ـ۱ـ ترمینال فرودگاه بین المللی دنور ۳۶
۱ـ۲۳ـ۲ـ سالن کنفرانس یوتیکا ۳۶
۱ـ۲۴ـ سازه‌های با انحنای دوگانه ۳۶
۱ـ۲۵ـ مثال‌ها ۳۶
۱ـ۲۵ـ۱ـ زمین ورزشی رالی ۳۶
۱ـ۲۵ـ۲ـ زمین بازی هاکی دانشگاه ییل ۳۷
۱ـ۲۵ـ۳ـ استادیوم المپیک مونیخ ۳۸
۱ـ۲۵ـ۴ـ سقف زین اسبی کلگری ۳۸
۱ـ۲۶ـ خرپاها ۳۹
۱ـ۲۶ـ۱ـ اصول ساخت خرپاها ۳۹
۱ـ۲۶ـ۲ـ کاربرد خرپاها ۴۰
۱ـ۲۶ـ۳ـ اتصالات در خرپاها ۴۱
۱ـ۲۷ـ مثال‌ها ۴۴
۱ـ۲۷ـ۱ـ مرکز فرهنگی ژرژ پمپیدو ۴۴

عنوان ..... صفحه

۱ـ۲۷ـ۲ـ تالار گاند ۴۵
۱ـ۲۷ـ۳ـ مرکز سنزبری ۴۵
۱ـ۲۷ـ۴ـ استادیوم فوتبال سیدنی ۴۶
۱ـ۲۷ـ۵ـ استادیوم ورزشی کرازبی کمپر ۴۶
۱ـ۲۸ـ سقف با شبکه سازه فضایی یا اسپیس فریم ۴۶
۱ـ۲۸ـ۱ـ مزایای سقف‌های سازه فضایی ۴۸
۱ـ۲۸ـ۲ـ مکان‌های مورد بهره برداری از سقف سازه فضایی ۴۸
۱ـ۲۸ـ۳ـ انواع اتصالات در سازه فضاکار ۴۹
۱ـ۲۸ـ۴ـ تکیه گاه‌ها ۵۰
۱ـ۲۹ـ مثال‌ها ۵۰
۱ـ۲۹ـ۱ـ فضای مرکزی نمایشگاه اکسپو ۷۰ ..... ۵۰
۱ـ۲۹ـ۲ـ مرکز انجمن جاکوب ک. جاویتس ۵۰
۱ـ۲۹ـ۳ـ توسعه موزه لوور ۵۱
۱ـ۳۰ـ سازه کش بستی ۵۱
۱ـ۳۱ـ مثال‌ها ۵۱
۱ـ۳۱ـ۱ـ گنبد سان کاست فلوریدا ۵۱
۱ـ۳۱ـ۲ـ گنبد جورجیا ۵۲
۱ـ۲۳ـ گنبدهای ژئودزیک ۵۲
۱ـ۳۲ـ۱ـ نحوه توزیع بار در گنبدهای ژئودزیک ۵۳
۱ـ۳۳ـ مثال‌ها ۵۴
۱ـ۳۳ـ۱ـ باغ گیاه شناسی کلیماتون میسوری ۵۴
۱ـ۳۳ـ۲ـ غرفه آمریکا در نمایشگاه اکسپو ۶۷ ..... ۵۵
۱ـ۳۴ـ ستون ۵۵
۱ـ۳۴ـ۱ـ فرم ستون ۵۶
۱ـ۳۴ـ۲ـ تکیه گاه‌های انتهایی ۵۶
۱ـ۳۵ـ مثال‌ها ۵۷
۱ـ۳۵ـ۱ـ ساختمان موناداناک ۵۷
۱ـ۳۶ـ دیوارهای باربر ۵۷
۱ـ۳۶ـ۱ـ دیوارهای باربر به موازات یکدیگر ۵۷
۱ـ۳۷ـ تیر ۵۸
۱ـ۳۷ـ۱ـ انواع تیرها ۵۸
۱ـ۳۷ـ۲ـ تنش‌های درون تیر ۵۹
۱ـ۳۷ـ۳ـ مصالح ۶۰
۱ـ۳۷ـ ۴ـ تقویت کششی ۶۰
۱ـ۳۷ـ۵ـ تیرهای پیش تنیده و پس کشیده بتنی ۶۰
۱ـ۳۷ـ۶ـ تنش‌های برشی در یک تیر ۶۲

عنوان ..... صفحه

۱ـ۳۷ـ۷ـ مقطع بحرانی برای کنترل برش ۶۲
۱ـ۳۷ـ۸ـ تغییر شکل در تیر ۶۳
۱ـ۳۸ـ طره ۶۵
۱ـ۳۸ـ۱ـ توزیع تنش ۶۵
۱ـ۳۸ـ۲ـ تغییر شکل در طره‌ها ۶۵
۱ـ۳۹ـ رفتار تیرها و نحوه انتقال بار ۶۶
۱ـ۴۰ـ مثال‌ها ۶۷
۱ـ۴۰ـ۱ـ ساختمان آبشار ۶۷
۱ـ۴۱ـ تیرهای ممتد ۶۸
۱ـ۴۲ـ تیرهای گربر ۶۸
۱ـ۴۳ـ تیرچه‌ها ۶۸
۱ـ۴۴ـ دال‌های بتن آرمه ۷۱
۱ـ۴۴ـ۱ـ انواع دال ۷۱
۱ـ۴۵ـ دال‌های وافل (دندانه‌ای) ۷۳
۱ـ۴۶ـ قاب‌ها ۷۳
۱ـ۴۶ـ۱ـ پایداری جانبی ۷۳
۱ـ۴۶ـ۲ ـ دهانه‌ها ۷۳
۱ـ۴۷ـ قاب‌های صلب ۷۴
۱ـ۴۸ـ مثال‌ها ۷۴
۱ـ۴۸ـ۱ـ کابین‌های جنگلی کلدی کاستل ۷۵
۱ـ۴۸ـ۲ـ منزل مسکونی شولیتز ۷۵
۱ـ۴۸ـ۳ـ ساختمان جان هنکاک و برج سیرز ۷۵
۱ـ۴۹ـ باد بند ۷۶
۱ـ۵۰ـ دیوار برشی ۷۹
۱ـ۵۱ـ سازه‌های چادری ۸۰
۱ـ۵۲ـ مثال‌ها ۸۰
۱ـ ۵۲ ـ ۱ـ ترمینال حج، فرودگاه بین المللی سلطان عبدالعزیز ۸۰
۱ـ۵۳ـ سازه‌های هوای فشرده ۸۰
۱ـ۵۴ـ انواع سازه‌های بادی ۸۱
۱ـ۵۴ـ۱ـ سازه‌های متکی بر هوا ۸۱
۱ـ۵۴ـ۱ـ۲ـ شرایط بار گذاری ۸۱
۱ـ۵۴ـ۲ـ سازه‌های پرشده از هوا ۸۳
۱ـ۵۵ـ مثال‌ها (مربوط به سازه‌های متکی برهوا) ۸۳
۱ـ۵۵ـ۱ـ غرفه ایالات متحده، نمایشگاه اکسپو ۷۰ ..... ۸۳
۱ـ۵۵ـ۲ـ گنبد نقره ای (بارتون ملوسیلورم دوم) ۸۴

عنوان ..... صفحه

۱ـ۵۶ـ مثال‌ها (مربوط به سازه‌های پرشده از هوا) ۸۴
۱ـ۵۶ـ۱ـ غرفه فوجی، نمایشگاه اکسپو ۷۰ ..... ۸۴
۱ـ۵۶ـ۲ـ تئاتر شناور، نمایشگاه اکسپو ۷۰ ..... ۸۴
۱ـ۵۷ - عملکرد قوس ۸۴
۱ـ۵۸ـ چگونگی انتقال نیرو در قوس ۸۵
۱ـ۵۹- باز شو یا درگاه در دیوار ۸۶
۱ـ۶۰ـ انواع نعل درگاه از نظر مصالح ۸۷
۱ـ۶۱ـ قوس‌ها ۸۷
۱ـ۶۱ـ۱ـ قوس‌های با مصالح بنایی ۸۸
۱ـ۶۱ـ۲ـ قوس‌های غیر بنایی ۹۱
۱ـ۶۲ـ مثال‌ها (مربوط به قوس‌های با مصالح بنایی) ۹۲
۱ـ۶۲ـ۱ـ کتابخانه فیلیپس اکستر ۹۲
۱ـ۶۲ـ۲ـ خوابگاه انستیتوی مدیریت هندوستان ۹۲
۱ـ۶۳ـ مثال‌ها (مربوط به قوس‌های غیربنایی) ۹۳
۱ـ۶۳ـ۱ـ ساختمان بورس لندن ۹۳
۱ـ۶۳ـ۲ـ پل نیوریور جورج ۹۳
۱ـ۶۴ـ طاق ۹۳
۱ـ۶۴ـ۱ـ طاق‌های استوانه ای شکل ۹۴
۱ـ۶۴ـ۲ـ طاق‌های گنبدی ۹۵
۱ـ۶۴ـ۱ـ لچکی‌ها ۹۷
۱ـ۶۵ـ طاق‌های لاملا ۹۷
۱ـ۶۶ـ مثال‌ها ۹۸
۱ـ۶۶ـ۱ـ گنبد تاکوما ۹۸
۱ـ۶۶ـ۲ـ آشیانه‌های هواپیما ـ نروی ۹۸
۱ـ۶۶ـ۳ـ سالن ورزشی پلازتودلو ۹۸
۱ـ۶۷ـ طاق‌های گهواره ای جدید یا بام‌های پوسته ای ۹۸
۱ـ۶۸ـ مثال‌ها ۱۰۱
۱ـ۶۸ـ۱ـ سالن سخنرانی کرسگ ۱۰۲
۱ـ۶۹ـ پوسته‌های استوانه ای ۱۰۲
۱ـ۷۰ـ سهموی‌های هذلولی ۱۰۲
۱ـ۷۱ـ پوسته‌های زین اسبی ۱۰۳
۱ـ۷۲ـ پوسته‌های غیر منظم ۱۰۳
۱ـ۷۲ـ۱ـ ترمینال TWA ۱۰۳
۱ـ۷۳ـ سازه‌های ورق تاشده ۱۰۳
۱ـ۷۴ـ مثال‌ها ۱۰۴

عنوان ..... صفحه

۱ـ۷۴ـ۱ـ ساختمان مرکزی انستیتو بتن آمریکا (ACI) ۱۰۴
۱ـ۷۴ـ۲ـ تالار ایلینی ۱۰۴
۱ـ۷۲ـ ۳ـ مدرسه آوکادو ۱۰۴
۱ـ۷۴ـ۴ـ ساختمان کنفرانس یونسکو ۱۰۴

فصل دوم: بردارها

۲- بردارها ۱۰۷
۲-۱- قانون جمع متوازی الاضلاع ۱۰۷
۲-۲- مؤلفه‌های بردار ۱۰۸
۲-۴- ضرب داخلی یا ضرب نقطه ای ۱۰۹
۲-۴- ضرب خارجی یا ضرب برداری ۱۰۹
۲-۵- گشتاور ۱۱۱
۲-۶- تعادل ۱۱۲
۲-۶-۱- تعادل ذره ۱۱۲
۲-۶-۲- تعادل جسم صلب درصفحه ۱۱۲
۲-۷- قانون سینوس‌ها وکسینوس‌ها درمثلث واستفاده از آنها در روابط برداری ۱۱۲

فصل سوم: خرپاها

۳-۱- پایداری خرپا ۱۱۷
۳-۲- تحلیل خرپا ۱۲۰
۳-۲-۱- روش مفصل ۱۲۰
۳-۲-۲- روش مقطع ۱۲۱

فصل چهارم: مشخصات هندسی مقاطع

۴-۱- مرکزهندسی ۱۲۵
۴-۱-۱- خطوط ۱۲۵
۴-۱-۲- سطوح ۱۲۵
۴-۱-۳- حجم‌ها ۱۲۶
۴-۲- ممان اینرسی سطوح ۱۳۲

فصل پنجم: تیرها

۵-۱- مقدمه ۱۳۹
۵-۲- تعیین عکس‌العمل‌های تکیه گاهی ۱۳۹
۵-۳- اثرات داخلی (برش وخمش) درتیرها ۱۴۴

عنوان..... صفحه

فصل ششم: تنش وکرنش

۶-۱- اثرتغییرات دما دراعضا ۱۵۵
۶-۲- نسبت پواسون..... ۱۵۶
۶-۳- پیچش درمقطع..... ۱۵۷
۶-۴- خمش درمقطع ۱۵۸
۶-۵- برش درمقطع ۱۶۰
۶-۶- مقطع معادل ۱۶۱

فصل هفتم: کمانش

فصل اول

کلیات

فصل اول

کلیات

۱ـ۱ـ علم مکانیک

مکانیک شاخه ای از علم فیزیک است که در مورد شرایط سکون و یا حرکت اجسام به بحث و بررسی می‌پردازد.

در یک تقسیم بندی کلی، مکانیک را به سه شاخه اصلی به شرح زیر تقسیم می‌کنند:

۱ـ مکانیک اجسام صلب

۲ـ مکانیک اجسام تغییر شکل پذیر

۳ـ مکانیک سیالات

باید دانست که مکانیک اجسام صلب، به طور کلی، در خصوص اجسام صلب، چه ساکن و چه متحرک، به بحث و بررسی می‌پردازد. با این وجود خود به دو شاخه تقسیم می‌شود؛ بدین معنی که به علمی‌که در خصوص اجسام صلب ساکن به بحث می‌پردازد « استاتیک » و به علمی‌که در خصوص اجسام صلب متحرک بحث می‌کند « دینامیک » گویند.

۱ـ۲ـ مفاهیم پایه

در مطالعه مکانیک اجسام صلب ما با چهار کمیت طول، زمان، جرم و نیرو سرو کار داریم.

۱ـ۲ـ۱ـ طول

طول برای تعیین موقعیت یک نقطه در فضا و مشخص کردن اندازه یک سیستم فیزیکی به کار می‌رود.

۱ـ۲ـ۲ـ زمان

دانستن مکان یک حادثه کافی نیست بلکه زمان آن هم اهمیت دارد. البته در استاتیک مسایل وابسته به زمان نیستند ولی در دینامیک کمیت زمان نقش مهمی‌ایفاد می‌کند.

۱ـ۲ـ۳ـ جرم

به مقدار ماده موجود در یک جسم جرم آن جسم می‌گویند. جرم معیاری است برای مقاومت دربرابر شتاب.

۱ـ۲ـ۴ـ نیرو

نیرو نشان دهنده اثر یک جسم بر جسم دیگر است. این اثر می‌تواند ضمن تماس دو جسم با یکدیگر و یا عدم تماس آنها باشد.

واحد اصلی نیرو در سیستم بین المللی آحاد (SI) نیوتن است.

$$F = m.a$$

$$(۱N) = (۱kg).\left(۱\frac{m}{s^۲}\right) \rightarrow N = kg.\frac{m}{s^۲}$$

بنابراین یک نیوتن عبارت است از نیرویی که به جرم یک کیلوگرم، شتابی برابر با یک متر بر مجذور ثانیه وارد سازد.

نیرویی که موجب جذب همه اجسام به سوی مرکز زمین می‌شود نیروی جاذبه است. این نیرو به عنوان مهمترین نیرویی به شمار می‌رود که در طراحی ساختمان به آن توجه می‌شود.

تعیین جهات و نقاط اثرنیروها به عنوان اولین گام در طرح سازه ای به شمار میرود. نیروی وارد شده برجسم را نیروی خارجی می‌گویند. به مقاومت هر جسم در برابر تغییر حرکت یا تغییر شکل ناشی از نیروی وارد شده بر آن جسم « نیروی داخلی » می‌گویند. اگر نیروها به سطح کوچکی از جسم وارد شوند آنها را نیروهای متمرکز می‌گویند. همچنین نیروهایی راکه بر سطح بزرگی از جسم وارد می‌شوند نیروهای گسترده می‌نامند.

۱ـ۲ـ۴ـ۱ـ نیروهای گسترده

به نیروهایی که به صورت گسترده در یک طول یا در یک سطح معین عمل کنند نیروهای گسترده می‌گویند. در صورتی که نیروهای گسترده بر طول یک جسم وارد شوند حاصل آن پاوند برفوت $\left(\frac{Lb}{ft}\right)$ [$\frac{N}{m}$ نیوتن بر متر] است و اگر نیروهای گسترده بر یک سطح وارد شوند واحد آن پاوند بر فوت مربع $\left(\frac{Lb}{ft^۲}\right)$ [$\frac{N}{m^۲}$ نیوتن به متر مربع] است.

۱ـ ۳ـ گشتاور

هر نیروی وارد شده برجسم تمایل دارد که جسم را در راستای اثر خود حرکت دهد، همچنین در برخی موارد، نیرو تمایل دارد که جسم را نسبت به یک محور بچرخاند. این خصوصیت را (میل به چرخاندن) گشتاور (لنگر یا ممان) می‌گویند.

مقدار گشتاور (لنگر یا ممان) برابر با حاصل ضرب نیرو در کوتاهترین فاصله نیرو.

$$M = F.d$$

چون نیرو تمایل دارد جسم را حول محور مورد نظر بچرخاند معمولاً گشتاور را حول آن محور می‌نامند و اگر مقدار گشتاور صفر باشد بدین معنی است که عامل چرخشی وجود ندارد و جسم دوران نمی‌کند.

📖 **نکته:** اگر امتداد نیرویی از نقطه ای بگذرد نیروی نسبت به آن نقطه گشتاوری ایجاد نمی‌کند.

در مسائل صفحه ای، راستای گشتاور عمود بر صفحه است. در این حالت می‌توان برای تعیین جهت این گشتاورها (مثبت یا منفی بودن آنها) از این که گشتاورها در جهت عقربه‌های ساعت یا خلاف عقربه‌های ساعت باشند، استفاده کرد. این

که کدام جهت مثبت اختیار شود، کاملاً قرار دادی است و اهمیت فیزیکی ندارد. به عنوان مثال در شکل زیر، گشتاور M در جهت خلاف عقربه‌های ساعت و طبق قانون دست راست، عمود بر صفحه و به طرف خارج آن ساعت که می‌تواند گشتاور مثبت در نظر گرفته شود.

گشتاور M^{1} نیز در جهت عقربه‌های ساعت و طبق قانون دست راست، عمود بر صفحه، و به طرف داخل صفحه است و می‌تواند منفی در نظر گرفته شود. البته می‌توان قرار داد را عوض کرد و گشتاور M^{1} را یک گشتاور مثبت و گشتاور M را یک گشتاور منفی در نظر گرفت.

واحد اندازه گیری گشتاور فوت پاوند (ft.Lb) ودر سیستم بین المللی آحاد (SI) نیوتن متر (N. m) است.

۱ـ ۴ـ تجزیه یک بردار به مؤلفه‌های متعامد

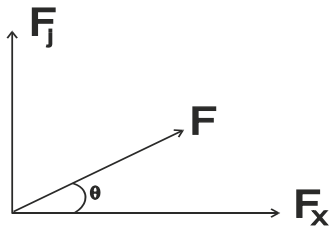
ساده ترین راه تجزیه یک بردار، تجزیه آن به دو مؤلفه متعامد است. برای این منظور دستگاه مختصاتی به مرکز O اختیار کرده و برداری که i و j را به ترتیب بر محورهای x و y منطبق می‌کنیم و با استفاده از قانون متوازی الاضلاع بردار F را به صورت

$$\vec{F} = F_{xi} + F_{yj}$$

نمایش می‌دهیم.

$$F_x = F\cos\theta \qquad F_Y = F\sin\theta$$

$$F = \sqrt{F_x^{2} + F_y^{2}} \qquad \theta = \tan^{-1}\frac{F_y}{F_x}$$



۱ـ۵ـ بارهای استاتیکی

۱ـ۵ـ۱ـ بارمرده

بارهای مرده عبارتند از وزن اجزای دائمی‌ساختمان مانند تیرها، ستونه‌ها، کف‌ها، دیوارهای، راه پله‌ها و... وزن تأسیسات و تجهیزات ثابت نیز در ردیف این بارها محسوب می‌شوند. به عبارت دیگر بار مرده، وزن اجزای ساختمان، تأسیسات و تجهیزات آن است که به صورت ثابت در ساختمان قرار می‌گیرند و به ندرت احتمال جابجایی آنها وجود دارد.

۱ـ۵ـ۲ـ بار زنده

بارهای زنده عبارتند از بارهای غیر دائمی‌که در حین استفاده و بهره برداری از ساختمان به آن وارد می‌شوند. این بارها شامل بار ناشی از برف، باد و یا زلزله نمی‌شود. بار زنده شامل وزن افراد یا وسایلی است که در ساختمان حرکت می‌کنند و یا

امکان جابجایی آنها وجود دارد. به عنوان مثال، وزن‌های زیر بار زنده محسوب می‌شوند:
وزن اشخاص، وزن وسایل منزل، وزن میز و صندلی در کلاس.

۱ـ۶ـ بارهای دینامیکی

بارهایی را که خیلی سریع از نظر مقدار و محل اثر تغییر می‌کنند یا به طور ناگهانی برسازه وارد می‌شوند بارهای متحرک یا دینامیکی می‌نامند که در صورت نادیده گرفتن خصوصیات دینامیکی‌شان فوق العاده خطرناک خواهند بود. از این رو لازم است که رفتار و تأثیر آنها بر ساختمان به دقت مورد مطالعه قرار گیرد.

به عنوان مثال می‌توان به کوبیدن میخ با چکش اشاره نمود. مشخص است که نتایج حاصل شده از روشه‌های ضربه ناگهانی چکش و برخورد آرام چکش (باهمان وزن) باهم تفاوت دارد.

همچنین برای این که زنگ کلیسا به صدا درآید باید یک نفر به طور ناگهانی و مزمون طناب زنگ را بکشد. پس از این که زنگ به صورت تصاعدی به نوسان و جنبش درآمد سپس به صدا در می‌آید.

به نیروی اعمال شده توسط چکش « بارضربه ای » و نیروی به وجود آمده از کشیدن تناوبی زنگ « بار تشدید یافته » می‌گویند. در اولین مثال بیشترین اثر موقعی است که ضربه دارای شتاب زیاد و مدتی که نیرو به حداکثر مقدار می‌رسد کم باشد. ضربه آنی، نیروی فوق العاده زیادی را به وجود می‌آورد که امکان شکسته شدن قطعات نیز وجود دارد. در دومین مثال نیروی نسبتاً کم اعمال شده در مدت زمان طولانی دارای اثر فوق العاده زیاد خواهد بود.

بارهای دینامیکی (متحرک) به روش‌های گوناگون برسازه وارد می‌گردند. یک تند باد ناگهانی دارای رفتاری شبیه ضربه چکش می‌باشد. چنانچه افرادی به صورت رژه در حال عبور از روی یک پل باشند، در زمانی که ضربات پای آنها، نوسان هماهنگ با سازه پل داشته باشد به آن بار متناوب تشدید یافته اعمال می‌کنند.

کلیه سازه‌ها تا اندازه ای خاصیت ارتجاعی دارند. به عبارت دیگر از خاصیت تغییر شکل پذیری زیر بار و برگشت به حالت اولیه (فوراً پس از برداشتن بار) برخوردار می‌باشند که این مورد تمایل آنها را به نوسان نشان می‌دهد. آسمان خراش‌ها با وزش تندبادها به نوسان در می‌آیند. پل راه آهن نیز پس از گذشتن قطار از روی آن، به سمت بالا و پایین می‌رود. به زمان نوسان کامل یک سازه « زمان تناوب اساسی » یا « پریود اساسی» آن می‌گویند که این مورد تابع صلبیت و وزن سازه است.

مدت زمان نوسان کامل ساختمانهای مدرن از $\frac{۱}{۱۰}$ تا ۱۰ ثانیه و بیشتر خواهد بود. سازه‌های سخت و صلب فوراً نوسان می‌کنند اما ساختمان‌های کوتاه و صلب، زمان تناوب کمتری دارند. یک سازه انعطاف پذیر دارای نوسان آرام می‌باشد. یک آسمان خراش بلند فولادی برای این که یک حرکت تناوبی انجام دهد شاید به بیش از ۱۰ ثانیه زمان نیاز داشته باشد. زمان تناوبی اساسی یک سازه در واقع به عنوان معیار مناسبی برای اندازه گیری صلبیت آن سازه به شمار می‌ورد.

در صورتی که زمان اعمال بار بر سازه نسبت به پریود اساسی کوتاه باشد آن را بار دینامیکی و اگر زمان اعمال بار سازه طولانی باشد آن را بار استاتیکی می‌نامند. از این رو امکان دارد که یک نیرو برای یک سازه به صورت استاتیک و برای سازه ای دیگر دینامیکی باشد.

در برخی وارد اثر بارهای دینامیکی نسبت به اثر استاتیکی آنها تا ۱۰۰٪ بیشتر است. در صورتی که یک جسم به وزن ده نیوتن به آرامی‌برروی صفحه نیرو سنج قرار داده شود عقربه نیرو سنج بر روی عدد ده نیوتن قرار می‌گیرد اما اگر همان وزن یک دفعه بر روی صفحه نیرو سنج بیفتد، عقربه نیروسنج پس از چندین نوسان سپس بر روی عدد ده نیوتن قرار می‌گیرد.

زلزله همان حرکت ناگهانی زمین است. این حرکات توسط پی‌ها به ساختمان انتقال داده می‌شوند که حرکت‌های نوسانی شدیدتری در طبقات بالای ساختمان به وجود می‌آید.

لازم به ذکر است که تأثیر زلزله بر ساختمان تابع جنس خاکی و خصوصیات سازه ای آن ساختمان است.
شکل ظاهری و استحکام خاک به‌خصوصً خاک‌هایی که دارای مقدار بیشتری خاک رس می‌باشند به طریق روشنی براساس میزان آب آنها تغییر می‌کند.

۱ـ۷ـ انواع نیروی وارده بر تیر

نیروها با توجه به نوع بار و محل اثر آنها مستقیماً به دو سر تیر وارد می‌شوند. نیروهای وارده بایستی توسط نقاط اتکا خنثی گردند. این نیروها به طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱ـ۷ـ۱ـ نیروهای منفرد

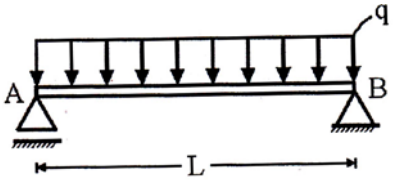
نیرویی است که تنها به یک نقطه از جسم اثر می‌کند و در ساختمان به معنی واقعی بسیار کم است. مانند نیروی وارده از طرف لوستر به محل اثر. در ضمن نیروی منفرد می‌تواند به صورت مورب وارد شود که این نیرو به دو مؤلفه در جهت قائم و افق تبدیل می‌گردد. مانند قرار دادن شمع حائل به صورت مورب.

۱ـ۷ـ۲ـ نیروهای گسترده

کلیه نیروهای وارده بر ساختمان به صورت گسترده بوده که خود نیز به دو طریق انجام می‌پذیرد:

۱ـ۷ـ۲ـ۱ـ گسترده یکنواخت

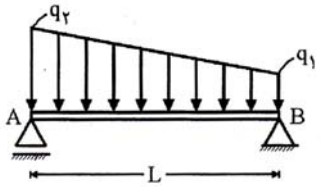
مانند وارد شدن نیروی سقف در اثر بار وارده در تمام سطح بر روی تیرها، و چنانچه طاق ضربی بین دو تیر آهن را در نظر بگیریم پوشش یکنواخت داشته و شدت بار آن بر حسب کیلوگرم بر متر طول (kg/m) و یا تن بر متر طول (ton/m) می‌باشد.



بار گسترده یکنواخت

۱ـ۷ـ۲ـ۲ـ گسترده غیر یکنواخت

این نوع بارها به طور یکسان در تیر اثر نکرده و توزیع آن به صورت مثلثی و یا ذوزنقه می‌باشد. شدت بار در ابتدای مثلث صفر و در انتهای آن (ارتفاع) برابر با نیروی وارده در آن نقطه می‌باشد. در نتیجه شدت این نوع بارها را با kg/m و یا ton/m نشان می‌دهند و چنانچه بار به صورت ذوزنقه وارد شود در ابتدا و انتها بایستی مقدار آن مشخص گردد.
شکل انواع تیرها



بار گسترده غیر یکنواخت